

軟弱地盤の地震時応答特性と,その応用に関する研究

著者	浅田 秋江
号	281
発行年	1975
URL	http://hdl.handle.net/10097/11230

氏 名 あさ 浅 だ 田 あき 秋 え 江

授 与 学 位 工 学 博 士

学位授与年月日 昭和 5 1 年 2 月 4 日

学位授与の根拠法規 学位規則第 5 条第 2 項

最 終 学 歴 昭和 3 3 年 3 月

東北大学工学部土木工学科卒業

学 位 論 文 題 目 軟弱地盤の地震時応答特性と、その応用に関する研究

論 文 審 査 委 員 東北大学教授 河上 房義 東北大学教授 多谷 虎男

東北大学教授 佐武 正雄 東北大学教授 倉西 茂

東北大学教授 尾板 芳夫

論 文 内 容 要 旨

ま え が き

構造物の耐震設計用地震動の特性は、地震の発生機構にもとづく特性 $E(t)$ 、地震波の伝播経路で生じる特性 $C(t)$ および地盤の震動特性 $G(t)$ の積で表わされる。 $E(t) \cdot C(t)$ で表わされる地震波が基盤と基盤との境界面において、その面に斜めに入射する場合には、入射 P 波および S V 波は不連続面においてそれぞれ反射 S V 波、反射 P 波、屈折 SV 波および屈折 P 波の四つの波となり、また入射 SH 波からは反射 SH 波および屈折 SH 波の二つの波が発生される。さらに、入射 SH 波および入射 S V 波は境界面に沿って伝播する表面波をも発生する。

しかるに、現在、採用している構造物の耐震設計用地震動としては、地震波が不連続面に垂直に入射すると仮定し、またその地震波の内、P 波は S 波に比してその振幅が小さいということか

らこれを無視して、地盤内で重複反射したSH波のみを考えている。しかし、地震波は基盤と地盤との境界面に斜めに入射する場合が多いので、耐震設計用地震動としてはSH波のみでなくSV波および表面波の地盤内で重複反射したものの水平動ならびに上下動成分を考慮していく必要がある。さらに、平面的にあまり大きくない構造物の耐震設計に際しては地震動の水平および上下成分による慣性力の検討のみを行えばよいが、地表面付近に沿って延長方向に長い構造物（地中埋設管など）については慣性力の他に表面波の伝播の際生じる地盤変形に対しても耐震性を検討する必要がある。

本論文はこのような観点から、それらの検討結果とその応用の方法について考察したことを述べた。

第1章 緒 論

本章では、現在の耐震設計に用いられている地震動に関する研究の経過とその現状について述べ、さらに、耐震設計地震動に関する問題点の指摘を行っている。

第2章 震害調査から求めた軟弱地盤の地震時挙動

本章では、軟弱地盤上に建設された実在の構造物が宮城県北部地震（1964）、男鹿西方沖地震（1964）、新潟地震（1964）および十勝沖地震（1968）などの地震によってうけた顕著な被害の原因を試み、従来のボーリング、サウンディングおよび土質試験による震害調査と、地盤の動的特性を直接知り得る常時微動測定による震害調査とを併せて行った結果得られた軟弱地盤の地震時挙動について述べてある。

第3章 理論から求めた軟弱地盤の地震時応答

本章では、軟弱地盤の典型的なモデルとして選んだ三種の地盤について地震波の水平および上下成分の重複反射理論および表面波の伝播理論を適用して計算を行った結果得られた軟弱地盤の地震時応答について述べてある。

第4章 常時微動測定および軽震観測によって求めた軟弱地盤の地震時応答

本章では、第3章と同じモデル地盤について、地表と地下における常時微動および軽震同時観測を行い、さらに、地表の三点における常時微動および軽震の三成分観測を行いそれらを解析した結果得られた軟弱地盤の地震時応答について述べてある。

第5章 強震観測によって求めた軟弱地盤の地震時応答

本章では、前二章で取り扱ったモデル地盤の他、若干の軟弱地盤上において強震観測を行った結果を解析して得られた軟弱地盤の地震時応答について述べてある。

第6章 軟弱地盤の地震時応答特性に関する総合的考察

本章では、理論計算結果（第3章）と実測値（第4および第5章）とを比較検討することによって、軟弱地盤の地震時応答特性について総合的な考察を行った結果について述べてある。すなわち、地表層と基盤との剛性に差があり、かつ地表層の厚さが地震波の波長の約 $1/4$ であるような軟弱地盤では、地震波の水平成分の応答は図-1に示すように、SH波のみの重複反射でなくSH波および表面波の重複反射によって生じたものである。また、地震波の上下成分の応答は図-2に示すように、P波の重複反射ではなくSV波および分散性Rayleigh波が重複反射されたものである。さらに、地表面における一点の地震動観測では水平動および上下動しか記録できないが、地表層厚と同程度の間隔の地表面における多点において地震動観測を行うと、表面波の分散の影響をうけた地震動の平面分布とそれによる地盤歪の発生を知ることができる。

第7章 軟弱地盤における地震時応答特性の耐震設計への応用

本章では、第6章で求めた軟弱地盤の地震時応答特性を耐震設計に応用することに関して検討した結果を述べている。すなわち、水平方向のせん断振動の影響が大きい構造物に対してはSH波ではなく、表面波を主とした水平動成分の重複反射された地震波を適用すること、また、上下動が重要となる土質構造物などに対してはP波ではなく、表面波を含めた上下動成分の重複反射された地震波を適用することを提案している。さらに、これらの地震波の重複反射応答解析を行う際に基盤を設定することが必要であるが、その基盤の選定法として、建設が予定される構造物の固有周期に等しい周期を反映する地層を求め、その下底面を基盤面として選定することを提案している。また、地表面に沿って長い構造物（地中埋設管など）に対しては構造物の延長方向に表面波によって生じる地盤変形を考慮した設計を行うことを提案し、その近似的方法として表面波によって生じる地盤歪を求め、それと構造物との許容歪と比値することによって構造物の耐震性を検討する方法について述べてある。

第8章 結 論

本章は以上各章の研究結果の要約である。

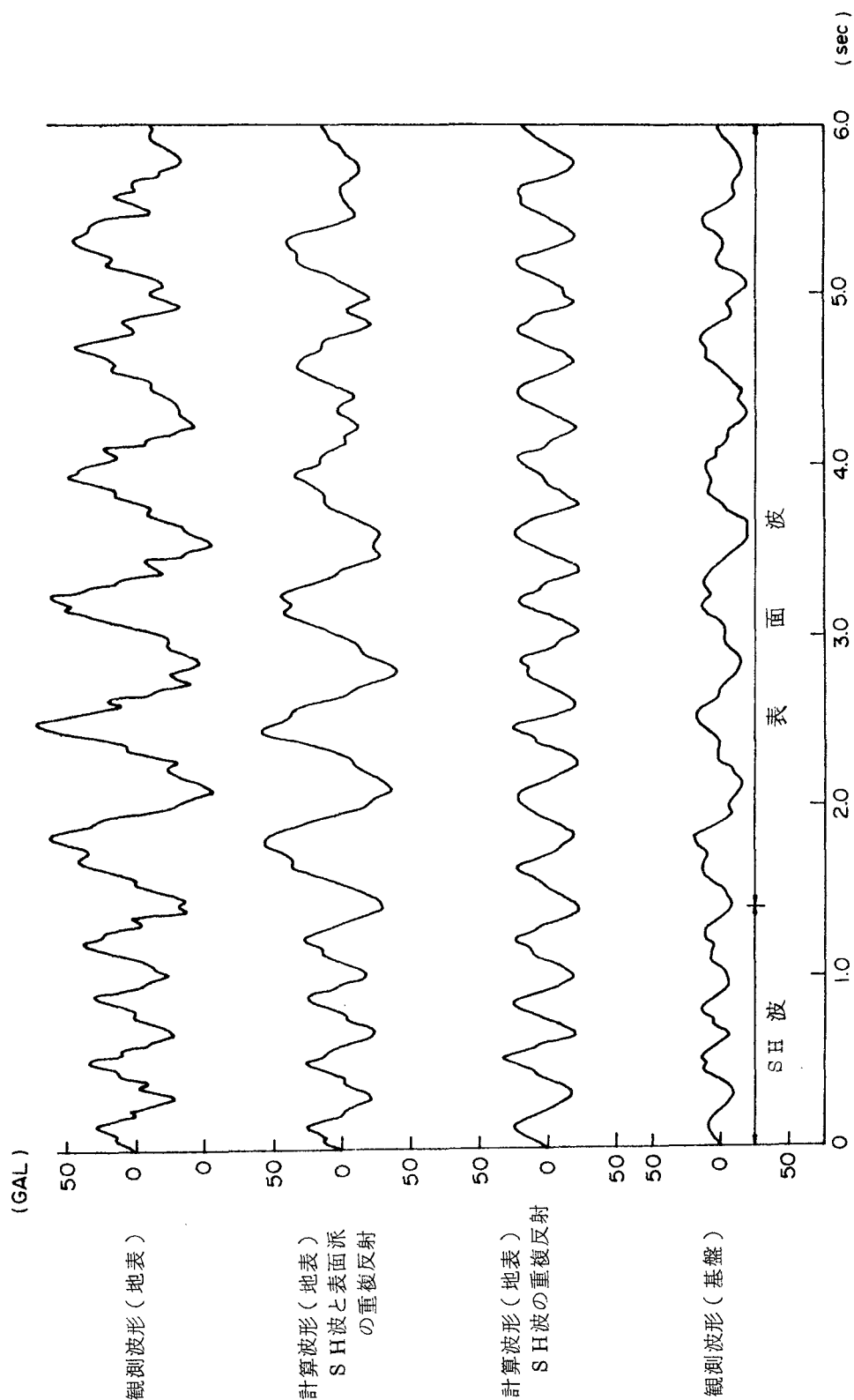


図1 地表および基盤における地震波の水平動成分の観測および計算波形

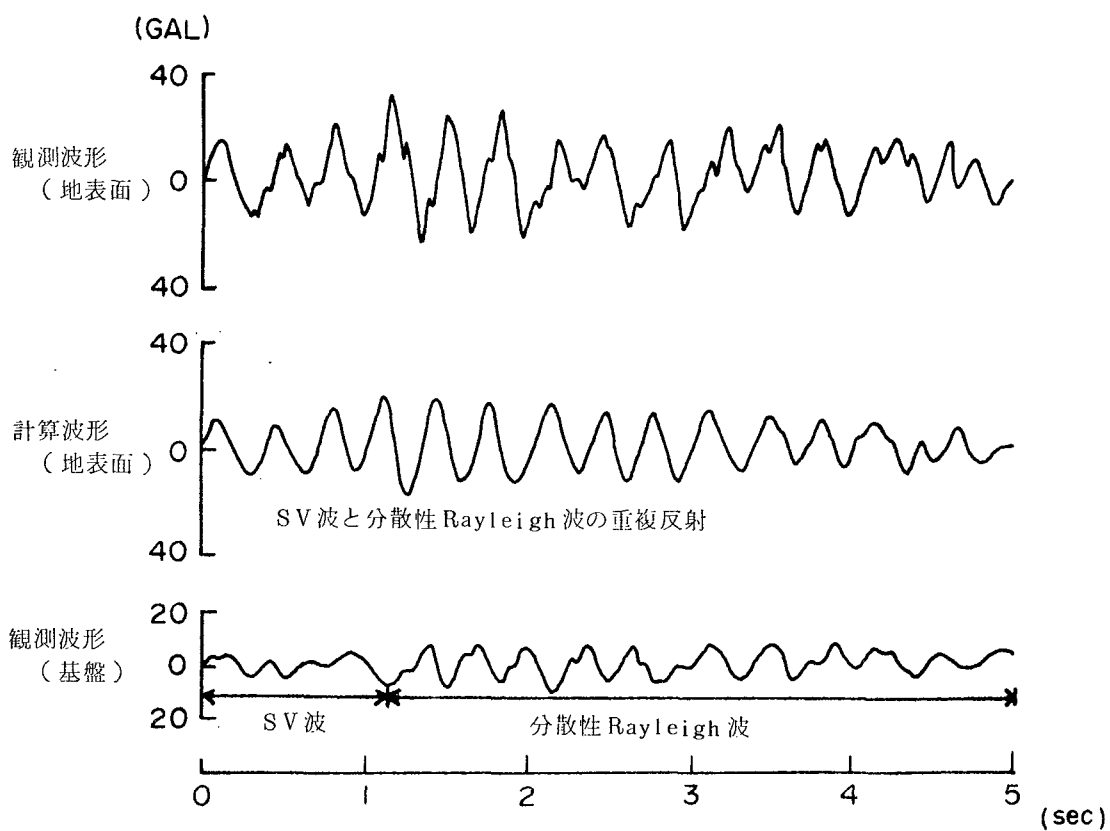


図-2 地表および基盤における地震波の上下動成分の観測および計算波形

審 査 結 果 の 要 旨

地震動の強さや震害は、地盤の性質と密接に関係し、軟弱な地盤では構造物の震害が著しいことも経験的に知られているので、地震時の軟弱地盤の挙動について種々研究が行われているが、未だ十分解明されるには至っていない。一方、地震動の特性は、地震の発生機構、地震波の伝播経路や地盤の振動特性に関係し、とくに軟弱地盤においては、その伝播の過程において複雑に変化する。しかし現在、耐震設計に採用されている地震動としては、予想される地震動に近似しているというより、計算を簡便にするための仮定に基づいてS H波のみを考えているが、これは軟弱地盤においては適当とはいえない。本論文は波動伝播の性質を考慮に入れた耐震設計用地震動を確立するために行った研究をまとめたもので、全編8章から成る。

第1章は序論である。

第2章は、新潟地震・十勝沖地震など、1962年以降の4回の顕著地震によって被害をうけた軟弱地盤上の土質構造物などの調査から求めた軟弱地盤の地震時挙動について述べている。

第3章～第5章は、軟弱地盤の地震時応答特性に関する研究の成果である。すなわち、第3章では、3種の軟弱地盤をモデルとして選び、これらに地震波の水平および上下成分の重複反射理論ならびに表面波の伝播理論を適用し、計算して求めた応答について述べている。第4章は、同じ地盤において、地表と地下における常時微動および軽震の同時観測、ならびに地表の3点における常時微動および軽震の三成分観測を行った結果を解析して得た成果について述べ、また第5章では、前2章で取扱ったモデル地盤の他、数個の軟弱地盤上で行った強震観測の結果を解析して得た軟弱地盤の地震応答について述べている。

第6章では、第3章の理論計算の結果と、第4、5章で述べた各種の実測の結果とを比較検討し、軟弱地盤の地震時応答特性について総合的考察を行っている。すなわち、軟弱地盤における地震波の水平成分の応答は、もとのS H波のみでなく、その重複反射によって生じたものであり、また地震波の上下成分の応答の中重要なものは、P波の重複反射したもののみでなく、Rayleigh波およびS V波の重複反射したものであることを明らかにしている。さらに地表面上の多点における地震動観測により、表面波の分散の影響を受けた地震動の平面分布と、それによる地盤のひずみの発生を知ることができることも述べている。

第7章では、前章で求めた地震時応答特性を耐震設計に応用することに関して検討した結果について述べており、地震波の応答解析を行う際の基盤の選定方法などについて提案している。

第8章は結論である。

以上要するに本論文は、軟弱地盤における地震時応答特性について解明し、それを耐震設計に応用することについて研究し、新しい知見を与えたもので、耐震工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。